



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

## FLORE

# Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

### **Valutazione della potenzialità produttiva di cloni nuovi di patata con differenti tecniche di coltura e produzione di tubero seme pre-base.**

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

*Original Citation:*

Valutazione della potenzialità produttiva di cloni nuovi di patata con differenti tecniche di coltura e produzione di tubero seme pre-base / V. VECCHIO; E. PALCHETTI; L. ANDRENELLI; L. GHISELLI. - In: RIVISTA DI AGRONOMIA. - ISSN 0035-6034. - STAMPA. - 36:(2002), pp. 51-60.

*Availability:*

This version is available at: 2158/218750 since:

*Terms of use:*

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

*Publisher copyright claim:*

(Article begins on next page)

# Valutazione della potenzialità produttiva di cloni nuovi di patata con differenti tecniche di coltura e produzione di tubero seme pre-base

Vincenzo Vecchio, Enrico Palchetti, Luisa Andrenelli, Lisetta Ghiselli

## Riassunto

È stata condotta un'attività di ricerca orientata alla valutazione della capacità produttiva di 17 cloni nuovi di patata selezionati in ambito del progetto finalizzato "Miglioramento Genetico della Patata" del MiPAF. La valutazione è stata eseguita attraverso prove di tuberizzazione *in vitro*, in semivivo e con moltiplicazione in pieno campo dei tuberi prodotti in semivivo. I risultati ottenuti con le prove *in vitro*, oltre a confermare il controllo esercitato dal genotipo sulla formazione dei tuberi, hanno consentito, in relazione al fotoperiodo e al substrato di coltura, di individuare gruppi con similitudine di tuberizzazione identificabili con le varietà di riferimento, che erano "Spunta" e "Désirée". Le condizioni induttive di fotoperiodo e di substrato hanno infatti provocato un incremento del numero tuberi per pianta e dell'indice di raccolta nella maggior parte dei genotipi. La tuberizzazione in semivivo ha evidenziato anch'essa un diverso comportamento dei cloni sia per la capacità produttiva (n° tuberi pianta<sup>-1</sup>) che per la dinamica di tuberizzazione. Le prove in pieno campo hanno dimostrato la possibilità concreta dell'impiego di minituberi, evidenziando ancora una volta un diverso adattamento del materiale selezionato. Le tecniche utilizzate hanno rappresentato un valido strumento per la valutazione della capacità produttiva, mentre resta ancora da definire meglio l'aspetto relativo alla precocità di tuberizzazione.

**Parole chiave:** patata, tubero seme, microtuberi, minituberi, precocità, indice produttivo secco.

## Summary

### EVALUATION OF PRODUCTIVE POTENTIALITY OF NEW POTATO CLONES UNDER DIFFERENT GROWING CONDITIONS AND PREBASE TUBER SEED PRODUCTION

A research activity was carried on new potato clones, selected under the finalised "Potato Genetic Improvement" of MiPAF, with the aim of the evaluation of their productive capacity. The evaluation was performed through tuberization trials *in vitro*, semivivo and in field propagation of minitubers produced in semivivo. The obtained results through *in vitro* trial allowed the identification, besides the genotype control on tubers formation, in relation with photoperiod and medium culture, of groups of clones similar in tuberization modality to the varieties used as control "Spunta" and "Désirée". The inductive conditions of photoperiod and medium promoted an increase of both tuber number plant<sup>-1</sup> and dry harvest index in most of the genotypes. Also the semivivo tuberization highlighted the different genotype behaviour for both productive capacity (tuber number plant<sup>-1</sup>) and tuberization modality. Field trials showed the real possibility of minitubers employment highlighting, one more time, a different adaptability of the selected material. The used techniques represented an available instrument to evaluate the productive capacity, while the aspect related to the earliness needs to be better defined.

**Keywords:** potato, tuber seed, microtubers, minitubers, earliness, dry harvest index.

## Introduzione

Diverse strutture di ricerca in collaborazione con le Associazioni di Produttori sono a tutt'oggi impegnate in un progetto coordinato per la selezione di nuove varietà e per la definizione di un modello sostenibile di moltiplicazione del tubero seme.

La moltiplicazione del tubero seme impone il ricorso a materiale sano (Lommen e Struik, 1994; Vecchio et al., 1997; Stead, 1999), di facile conservazione e poco ingombrante (Ahloowalia, 1994). Per questi motivi viene presa in considerazione, viste le collaudate conoscenze acquisite nel settore della coltura *in vitro* in patata (Goodwin et al., 1980; Hussey & Stacey, 1981;

Vecchio V., Palchetti E., Andrenelli L., Ghiselli L., Dipartimento di Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio Agroforestale, Università di Firenze, piazzale delle Cascine 18 - 50144 Firenze.

Autore corrispondente: Vincenzo Vecchio, tel. 055 3288292, fax 055 332472; e-mail: vincenzo.vecchio@unifi.it

Ricerca realizzata con il contributo finanziario del MiPAF, nell'ambito del Progetto finalizzato "Miglioramento genetico della patata".

Il lavoro è da attribuirsi agli Autori in parti uguali. Il coordinamento della ricerca e la stesura del lavoro sono da attribuire a Vincenzo Vecchio, l'attività *in vitro* e in semivivo a Luisa Andrenelli e l'elaborazione statistica e la composizione delle figure a Enrico Palchetti e Lisetta Ghiselli.

Espinoza et al., 1986; Garner e Blake, 1989; Alhoowalia, 1994; Vecchio et al., 1997; Ranalli, 1997), la possibilità di valutare la potenzialità produttiva e la precocità di alcuni cloni, selezionati nell'ambito del programma MiPAF, attraverso la produzione di micro e minituberi.

La possibilità di utilizzare la tecnica della coltura *in vitro* per valutare materiale in selezione, parte dal fatto che *in vivo* (pieno campo), le condizioni ambientali, modificando l'equilibrio ormonale endogeno delle piante di patata, inducono le stesse a formare tuberi (Vreugdenhil e Struik, 1989) e che *in vitro*, a partire da talee uninodali e in condizioni appropriate sia ambientali che di substrato, si ottengono microtuberi (Gregory, 1956; Hussey e Stacey, 1981; Estrada et al., 1986; Espinoza et al., 1986; Ewing e Struik, 1992; Charles et al., 1995; Cheng e Zhang, 1990; Konstantinova, 1999; Lê, 1999; Vecchio et al., 1997, 2000). I microtuberi sono di piccole dimensioni (< 1 cm di diametro), ma con struttura e composizione simile ai tuberi prodotti in pieno campo (Hannapel, 1991).

Dal trasferimento in vivo di piantine ottenute *in vitro* (Van der Zaag, 1990; Struik e Lommen, 1990; Ranalli, 1997; Vecchio et al., 1997) o con l'impiego di microtuberi (Vecchio et al., 1991; Rolot e Seutin, 1999) si ottengono invece minituberi, oggi largamente impiegati nel sistema di moltiplicazione del tubero seme. L'abilità produttiva dei minituberi risulta legata alla taglia, allo stato di dormienza e alla tecnica di coltivazione (Lommen e Struik, 1994; Vecchio et al., 1996).

Le particolari condizioni ambientali dei periodi durante i quali viene praticata la coltura di controstagione (agosto-novembre) e quella novella (gennaio-maggio), richiedono un tubero seme fisiologicamente maturo, non sempre disponibile, e una elevata capacità di adattamento del materiale genetico a condizioni di fotoperiodo iniziale lungo per le semine estive e fotoperiodo iniziale corto per quelle invernali. Tali colture sono inoltre sottoposte a rischi di danni da freddo.

Nell'ambito delle possibilità offerte dalla coltura *in vitro* e in semivivo in patata e nel contesto della problematica relativa alle coltivazioni extrastagionali nell'ambiente del Mediterraneo, la presente ricerca si è posta l'obiettivo di valutare un discreto numero di cloni per la loro abilità produttiva e per la loro precocità in differenti condizioni di coltura.

## Materiali e metodi

Il materiale valutato era rappresentato da cloni selezionati nell'ambito del Programma "Miglioramento Genetico della Patata" del MiPAF e sono stati forniti dall'Istituto Sperimentale per le Colture Industriali (gruppo "ISCI"), "ISCI 4052", "ISCI 67", "ISCI 83", "ISCI A9", "ISCI B31", "ISCI C60" e dal Consorzio Provinciale per la Valorizzazione delle Produzioni Agricole "Mario Neri" di Imola (gruppo "MN"), "MN 190", "MN 270", "MN 274", "MN 278", "MN 284", "MN 289". Come controllo sono state utilizzate due varietà già ampiamente studiate, "Desirée" e "Spunta". È stata inserita anche un'antica varietà italiana, "Viola Calabrese", attualmente in fase di iscrizione al Registro Nazionale delle Varietà.

La valutazione è stata effettuata attraverso prove di: (1) tuberizzazione *in vitro*, (2) tuberizzazione in semivivo e (3) produzione di tubero seme attraverso

moltiplicazione di minituberi in pieno campo, Sicilia e Calabria.

### 1. Tuberizzazione *in vitro*

Questa parte della ricerca si è articolata nelle seguenti fasi:

**Produzione piante madri.** Sono state ottenute attraverso colture *in vitro* di meristemi di germogli. Successive subcolture sono state effettuate con talee uninodali su substrato di crescita MS (Murashige e Skoog, 1962) con aggiunta di 30 g l<sup>-1</sup> di saccarosio e 2 g l<sup>-1</sup> di phytagel. La durata delle subcolture è stata di circa 30 giorni in cella climatica in condizioni di fotoperiodo di 16 ore e termoperiodo di 24 °C durante le ore di luce e 18 °C durante le ore di buio.

**Tuberizzazione.** I due gruppi di cloni ("ISCI", "MN") sono stati valutati separatamente. Le condizioni sperimentali prevedevano: due livelli di substrato MS modificato: MS (MS + 80 g l<sup>-1</sup> di saccarosio + 2 g l<sup>-1</sup> di phytagel); MS + CCC [cloruro (2-cloroetil) Trimetilammonio] (MS + 80 g l<sup>-1</sup> di saccarosio + 2 g l<sup>-1</sup> di phytagel + 500 mg l<sup>-1</sup> di CCC); due livelli di fotoperiodo: corto (FC) con 8 ore di luce; lungo (FL) con 16 ore di luce.

Il termoperiodo, per ambo i trattamenti fotoperiodici, è stato di 24 °C e 18 °C, rispettivamente per le ore di luce e le ore di buio. L'unità sperimentale era rappresentata da una provetta di vetro da 60 cc, contenente 10 ml di substrato di tuberizzazione (MS o MS + CCC) nel quale è stata posta una sola talea uninodale. Le provette, 12 per ciascun trattamento e per un totale di 48 per genotipo, sono state trasferite in due camere di crescita, una a fotoperiodo corto e l'altra a fotoperiodo lungo. Le prove hanno avuto una durata di 91 giorni durante i quali sono state effettuate osservazioni settimanali sulla formazione dei microtuberi per calcolare il Tempo Medio di Tuberizzazione (TMT). Alla fine di ciascuna prova sono stati rilevati il peso secco pianta (PSP), il numero (NT) e il peso secco dei tuberi (PST) per pianta. Sono state inoltre calcolate le variabili percentuale di piante tuberizzate e indice produttivo secco (IPS).

$$IPS = PSTT \times (PSTT + PSP)^{-1}$$

dove PSTT è il peso secco totale dei tuberi, PSP è il peso secco della pianta.

Sui dati è stata eseguita l'analisi della varianza adottando un modello ad effetti fissi. Le differenze tra le medie sono state valutate con le MDS utilizzando il test di Bonferroni.

### 2. Tuberizzazione in semivivo

Questa valutazione, dopo avere ottenuto le vitropiantine, è stata effettuata su 6 cloni del gruppo "MN", già valutati con la prova *in vitro*, su 4 ritenuti rappresentativi del gruppo "ISCI" ("ISCI 4052", "ISCI 67", "ISCI B31" e "ISCI C60") e su un altro gruppo fornito dall'Istituto di Genetica e Sperimentazione "Nazareno Strampelli" di Lonigo (gruppo "E"), "E 748", "E 943", "E 1549", "E 1912", "E 2121". La metodologia per l'ottenimento delle vitropiantine da destinare alla produzione di minituberi è stata quella già adottata in altre prove (Vecchio et al., 1997) e la durata della coltura *in vitro* è stata di 30 giorni. Le piantine così ottenute sono state trasferite in serra su substrato composto da sabbia e torba (30 % e 70 % in volume).

Sono stati svolti due esperimenti: (a) per valutare la

precocità di tuberizzazione e (b) per misurare l'abilità produttiva, attraverso la produzione massiva di minituberi.

Per il trasferimento dal *vitro* al *vivo* è stata adottata la tecnica indicata da Vecchio (1997): a pianta singola per la prova di precocità, impiegando circa 600 vitropiantine (40 per ciascuno genotipo) e a "ciuffo", ponendo assieme le 5 piante presenti nel contenitore magenta, per un totale di 250 piante per genotipo. La densità di piante programmata per ambo gli esperimenti corrispondeva a 50 m<sup>-2</sup>.

Per la prova di precocità a partire dal 36<sup>mo</sup> giorno dal trasferimento sono state rilevate, a cadenza settimanale, le variabili numero e taglia dei tuberi per pianta.

Durante la fase di coltura *in vivo* alle piante è stata regolarmente somministrata una soluzione nutritiva tipo "Hoagland" ed effettuati trattamenti antiparassitari. Tale fase è durata 71 giorni ed è terminata con la raccolta massiva e la suddivisione in classi di diametro dei tuberi prodotti.

### 3. Produzione di tubero seme attraverso moltiplicazione di minituberi in pieno campo - Sicilia e Calabria

I minituberi, di due classi di diametro (10-15 e 16-20 mm), prodotti in ambito della prova (b) del punto 2, sono stati moltiplicati in pieno campo per la produzione di tubero seme pre-base. Questa attività è stata realizzata in Sicilia e in Calabria rispettivamente con la collaborazione dell'Istituto di Agronomia Generale e Coltivazioni Erbacee dell'Università degli Studi di Catania e con l'Agenzia Regionale Servizi e Sviluppo Agricolo (ARSSA).

In entrambe le località è stato realizzato un dispositivo sperimentale a blocco randomizzato con 4 ripetizioni. Per ciascuna ripetizione sono stati raccolti i tuberi di 10 e 30 piante, rispettivamente in Sicilia e in Calabria, nella parcella utile.

In Sicilia la semina è stata eseguita a fine estate del 1999 impiegando tre gruppi di cloni, di cui 6 del gruppo "MN", 3 "ISCI" e 6 "E" in confronto con "Spunta" e "Désirée". La raccolta è avvenuta nel mese di febbraio 1999.

In Calabria la prova ha avuto inizio con la semina in Febbraio 2000, impiegando due cloni del gruppo "ISCI" ("ISCI 67" e "ISCI 4052"), 4 del gruppo "E" ("E1521", "E748", "E2121" ed "E1569"), 6 "MN" ("MN278", "MN289", "MN284", "MN270", "MN274" e "MN190") e 3 popolazioni di "Viola Calabrese" ("Germano", "Olivaro" e "Rovale") in confronto sempre con "Spunta" e "Désirée".

## Risultati

### 1. Tuberizzazione *in vitro*

I risultati vengono di seguito riportati per singoli gruppi e per ciascuna variabile misurata e calcolata. L'analisi della varianza ha messo in evidenza differenze significative tra i cloni e tra i fattori studiati.

#### Cloni "ISCI"

**Percentuale di piante tuberizzate.** Mediamente le piante con tubero hanno raggiunto l'80% e le condizioni di fotoperiodo corto hanno indotto il 90% delle piante a tuberizzare, mostrando così un incremento significativo di oltre il 20% rispetto a quelle sottoposte a fotoperiodo lungo.

**Tempo Medio di Tuberizzazione (TMT).** In generale i cloni hanno mostrato valori di TMT molto vicini a

quello medio pari a 56 giorni; tuttavia la combinazione fotoperiodo corto e presenza di CCC nel substrato anticipa la tuberizzazione di circa 20 giorni (Fig. 1). Il clone più precoce, oltre alla varietà "Spunta", è stato "ISCI 67" che ha tuberizzato in circa 50 giorni in fotoperiodo lungo e in presenza di CCC; mentre quello più tardivo, assieme alla varietà "Désirée" è stato "ISCI 83" con 74 giorni sempre in fotoperiodo lungo (Fig. 2). Questo clone e la varietà "Viola Calabrese" hanno anticipato la tuberizzazione in fotoperiodo corto rispettivamente di circa 23 e 31 giorni. "ISCI B31" e "ISCI A9" hanno tuberizzato prima in fotoperiodo lungo (Fig. 2).

**Numero Tuberi per pianta (NT).** Il substrato di coltura MS e quello MS + CCC, rispettivamente in combinazione con il fotoperiodo corto e con quello lungo, comportano un incremento significativo di microtuberi, con valori di circa 2 per pianta (Fig. 3). Dall'interazione clone per substrato è emerso un diverso comportamento dei genotipi: "ISCI 67", "ISCI B31", "Spunta" e "Viola Calabrese" hanno formato un maggiore numero di tuberi in presenza di CCC nel substrato; invece i cloni "ISCI 4052", "ISCI 83", "ISCI A9", "ISCI C60" e "Désirée" hanno espresso meglio la loro potenzialità produttiva in solo MS (Fig. 4). La stessa diversità di comportamento tra i genotipi è stata osservata nelle due differenti condizioni fotoperiodiche, dove quelli che hanno tuberizzato meglio nel substrato MS + CCC hanno mostrato le loro migliori performance produttive in fotoperiodo lungo (Fig. 4).

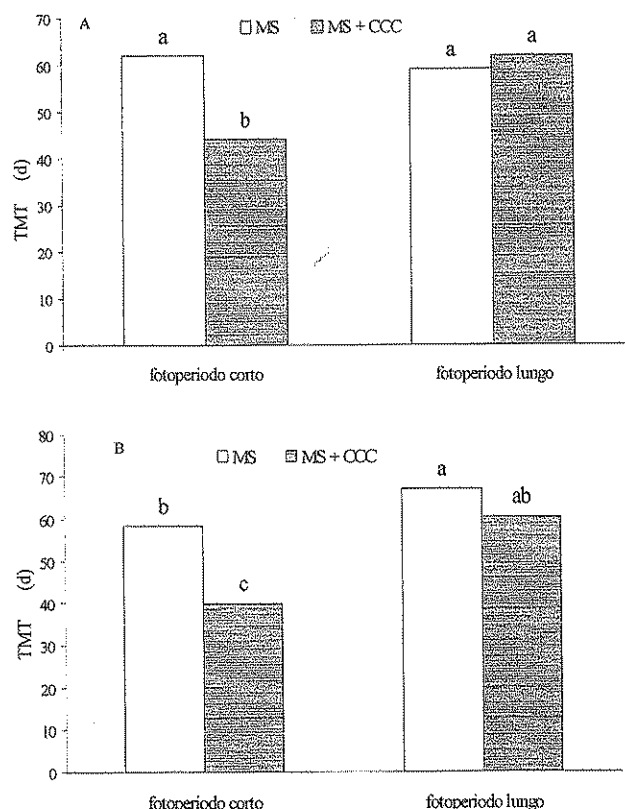


Figura 1 - Effetto del substrato di coltura e del fotoperiodo sul Tempo Medio di Tuberizzazione (TMT) dei cloni "ISCI" (A) e "MN" (B). Lettere differenti mostrano differenze significative per  $P \leq 0.05$  (test del Bonferroni).

Figure 1 - Medium and photoperiod effect on Average Time of Tuberization (ATT) of "ISCI" (A) and "MN" (B) clones. Different letters show significant differences for  $P \leq 0.05$  (Bonferroni test).

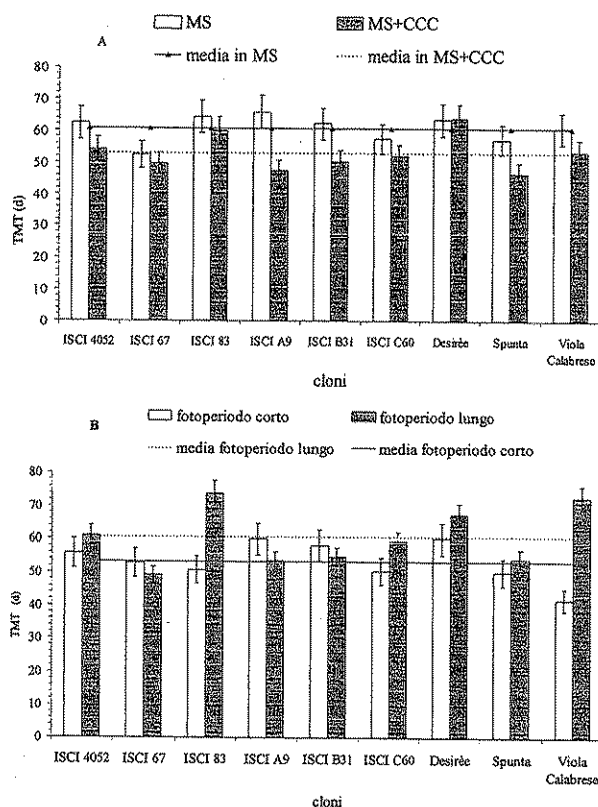


Figura 2 - Cloni "ISCI". Effetto del genotipo, del substrato di coltura (A) e del fotoperiodo (B) sul Tempo Medio di Tuberizzazione (TMT). Le barre indicano l'errore standard.

Figure 2 - "ISCI" Clones. Genotype, medium (A) and photoperiod (B) effect on Average Time of Tuberization (ATT). Bars show standard errors.

**Indice Produttivo Secco (IPS).** In fotoperiodo corto mediamente le piantine hanno presentato un IPS significativamente più elevato; nei genotipi "ISCI 4052" e "ISCI 67" ha raggiunto il valore di 0.6, mentre hanno oltrepassato tale soglia "ISCI 83", "ISCI C60", "Spunta" e "Viola Calabrese" (Fig. 5). In alcuni di questi genotipi ("ISCI 4052", "ISCI 83", "Viola Calabrese") e nella "Désirée" l'incremento, rispetto alle condizioni di fotoperiodo lungo, è stato di circa il 100%. Viceversa il clone "ISCI A9" ha mostrato un lieve incremento in condizioni di fotoperiodo lungo (Fig. 5). Anche la presenza di CCC nel substrato di coltura ha esercitato un effetto positivo sull'indice produttivo, incrementando in particolare quello di "Spunta", "ISCI B31" e "ISCI 83" (Fig. 5).

#### Cloni "Mario Neri"

**Percentuale di piante tuberizzate.** In generale il numero di piante con tubero è stato pari al 73% e i valori medi significativamente più elevati di 77% e 84% sono stati raggiunti in presenza di CCC nel substrato e in condizioni di fotoperiodo corto. I genotipi "MN 190", "MN 289", "MN 274", "Viola Calabrese" e "Désirée" hanno mostrato una elevata abilità a tuberizzare proprio in fotoperiodo corto con valori di piante con tubero compresi tra 85% e 100% (Fig. 6). Nel clone "MN 270" è stata osservata una maggiore predisposizione a tuberizzare in fotoperiodo lungo (Fig. 6), mentre queste condizioni in alcuni genotipi ("MN 190", "MN 274", "MN 289" e "Viola Calabrese") hanno provocato una forte riduzione di piante con tubero.

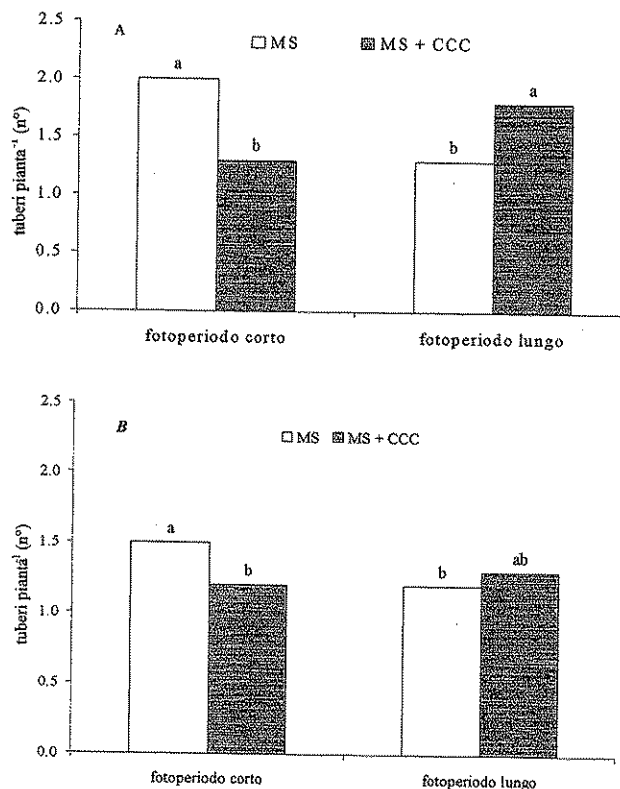


Figura 3 - Effetto del substrato di coltura e del fotoperiodo sul n° tuberi per pianta nei cloni "ISCI" (A) e "MN" (B). Lettere differenti mostrano differenze significative per  $P \leq 0.05$  (test del Bonferroni).

Figure 3 - Medium and photoperiod effect on tubers number per plant of "ISCI" (A) and "MN" (B) clones. Different letters show significant differences for  $P \leq 0.05$  (Bonferroni test).

**Tempo Medio di Tuberizzazione (TMT).** La presenza di CCC nel substrato di tuberizzazione ha anticipato la formazione dei microtuberi in entrambi i trattamenti fotoperiodici, anche se solo la combinazione fotoperiodo corto e substrato di tuberizzazione MS + CCC ha fornito valori di precocità statisticamente significativi (Fig. 1). Infatti in fotoperiodo corto i cloni più precoci sono stati "MN 289", "MN 190" e "MN 284" che hanno tuberizzato in 40 giorni il primo e in 46 giorni gli altri due, mentre quelli più tardivi, in fotoperiodo lungo, sono risultati "MN 274" e "MN 278" e "MN 284" (Fig. 7). Anche le varietà "Désirée" e "Viola Calabrese" hanno mostrato un anticipo importante della tuberizzazione nelle condizioni ritenute induttive (Fig. 7).

**Numero Tuberi per pianta (NT).** Non sono emersi effetti significativi tra i genotipi. Tuttavia ancora una volta il numero più elevato di tuberi è stato indotto dalle condizioni di fotoperiodo corto in combinazione con substrato senza CCC; la presenza dell'antigibberellico in fotoperiodo lungo ha comportato sì un incremento di tuberi, ma non significativo (Fig. 3).

**Indice Produttivo Secco (IPS).** Le condizioni di fotoperiodo corto, come già osservato per i cloni del gruppo "ISCI", hanno notevolmente incrementato il valore di IPS anche oltre la soglia di 0.7 nei cloni "MN 190", "MN 270", "MN 284", "MN 289" e nella "Viola Calabrese" (Fig. 8). In alcuni di questi genotipi ("MN 289", "MN 284" e "Viola Calabrese"), come in

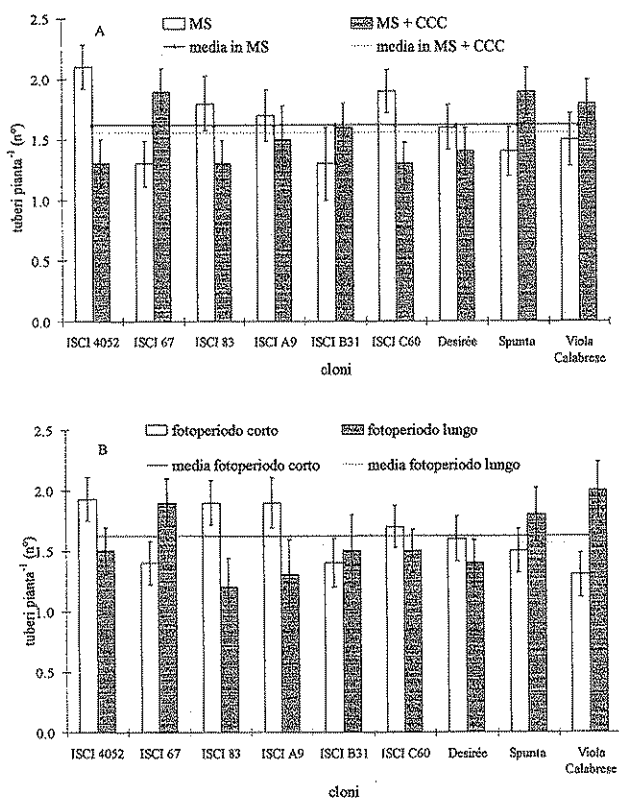


Figura 4 - Cloni "ISCI". Effetto del genotipo, del substrato di coltura (A) e del fotoperiodo (B) sul n° tuber per pianta. Le barre indicano l'errore standard.

Figure 4 - "ISCI" Clones. Genotype, medium (A) and photoperiod (B) effect on tubers number per plant. Bars show standard errors.

"Désirée" e in "MN 274", l'incremento registrato in fotoperiodo corto ha superato il 100%. L'incremento provocato dalla presenza di CCC nel substrato di coltura è stato più contenuto rispetto al valore sopra indicato; infatti i genotipi "Désirée", "Viola Calabrese", "MN 284", "MN 274", "MN 270" non hanno sostanzialmente modificato il loro comportamento rispetto a quello osservato nel substrato senza il fitoregolatore (Fig. 8). Gli altri cloni invece, assieme alla varietà "Spunta", hanno mostrato incrementi importanti con l'uso del CCC (Fig. 8).

## 2. Tuberizzazione in semivivo

I risultati di seguito presentati sono stati ottenuti nel corso di tre anni (1998 - 2000) e vengono illustrati per singola prova.

**Valutazione della precocità e della capacità produttiva.** Dall'andamento della tuberizzazione si osserva che nell'ambito dei cloni del gruppo "E", solo a partire dal 50<sup>mo</sup> giorno, "E 1521", "E 748" ed "E 943" e la varietà di riferimento "Spunta" superano la soglia di 2 tuber per pianta<sup>-1</sup>, mentre la taglia utile di 10 mm di diametro viene raggiunta da "E 748" ed "E 1912" solo alla raccolta (Fig. 9).

I cloni "ISCI" al 43<sup>mo</sup> giorno, ad eccezione di "ISCI 4052", producono 2 tuber per pianta<sup>-1</sup>; per la taglia "ISCI 67" raggiunge 10 mm di diametro a 50 giorni dal trasferimento, 14 prima di "Désirée" e "Spunta", e alla raccolta la stessa soglia viene superata da "ISCI C60" (Fig. 10).

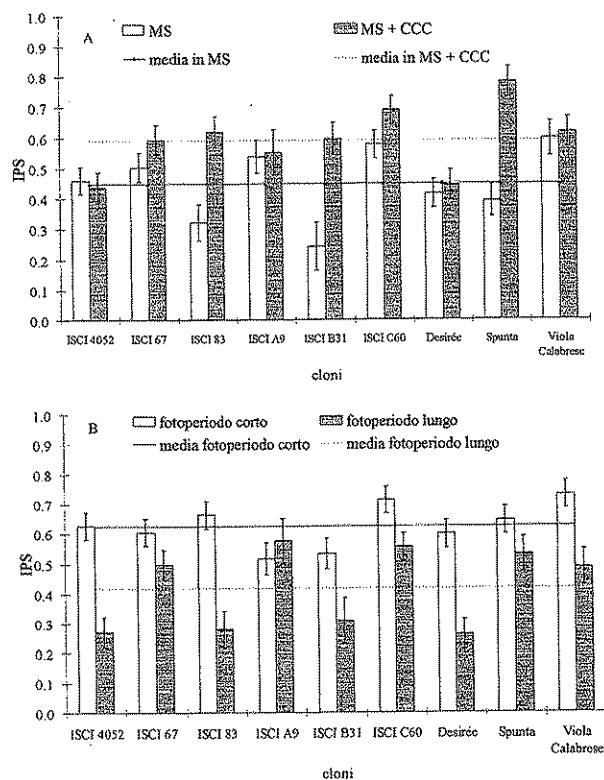


Figura 5 - Cloni "ISCI". Effetto dei genotipi, del substrato di coltura (A) e del fotoperiodo (B) sull'Indice Produttivo Secco (IPS). Le barre indicano l'errore standard.

Figure 5 - "ISCI" Clones. Genotype, medium (A) and photoperiod (B) effect on the Dry Harvest Index (DHI). Bars show the standard errors.

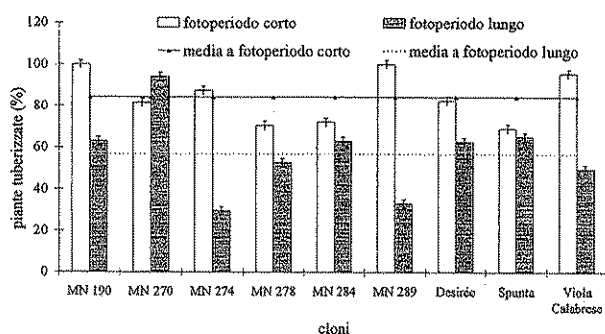
I cloni "MN 274", "MN 270" e "Désirée" al 36<sup>mo</sup> giorno superano i 2 tuber prodotti per pianta e la taglia di 10 mm di diametro viene raggiunta a circa 52 giorni da "MN 274" (Fig. 11). Alla raccolta tutti i cloni di questo gruppo raggiungono le dimensioni idonee per essere utilizzati come minituberi.

Relativamente alla produzione massiva di minituberi il numero per "ciuffo", al di sopra di 20 e con taglia > 10 mm, è stato raggiunto in "Désirée", da quattro cloni "MN" ("MN 289", "MN 278", "MN 274" e "MN 270") e da "E 1521"; infine "ISCI 4052", "ISCI C60", "E 1569", "E 2121" ed "E 748", assieme alla varietà, "Spunta" hanno prodotto circa 15 tuber per "ciuffo"; i meno produttivi, con circa 5 tuber, sono risultati "ISCI B31" ed "E 1912" (Fig. 12).

## 3. Produzione di tubero seme attraverso moltiplicazione di minituberi in pieno campo - Sicilia e Calabria

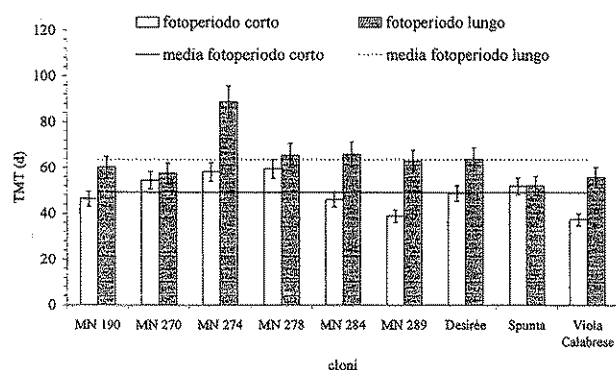
Relativamente a questa attività qui viene fatto riferimento solo ad alcuni risultati produttivi per una migliore ed appropriata interpretazione del comportamento dei cloni studiati, in particolare per quelli comuni a tutte le prove realizzate.

**Moltiplicazione minituberi in Sicilia.** Con l'impiego di minituberi di 16-20 mm di diametro, i cloni "ISCI 4052", "ISCI 67", "ISCI C60", "MN 274", "MN 278", "MN 284", "MN 289" ed "E 2121" hanno avuto una produzione di tuber per pianta compresa tra 300 e 400 g, mentre "MN 270", "E 1912", "E 1569" ed "E 943"



**Figura 6 - Cloni "MN".** Effetto dei Cloni e del fotoperiodo sulla % di piante tuberizzate. L'analisi statistica dei valori percentuali è stata preceduta da trasformazione angolare secondo Bliss. Le barre indicano l'errore standard.

Figure 6 - "MN" clones. Clones and photoperiod effect on the percentage (%) of tuberized plants. The statistical analysis of the percentage data was undergone to the angular conversion proposed by Bliss. Bars show the standard errors.



**Figura 7 - Cloni "MN".** Effetto dei genotipi e del fotoperiodo sul Tempo Medio di Tuberizzazione (TMT). Le barre indicano l'errore standard.

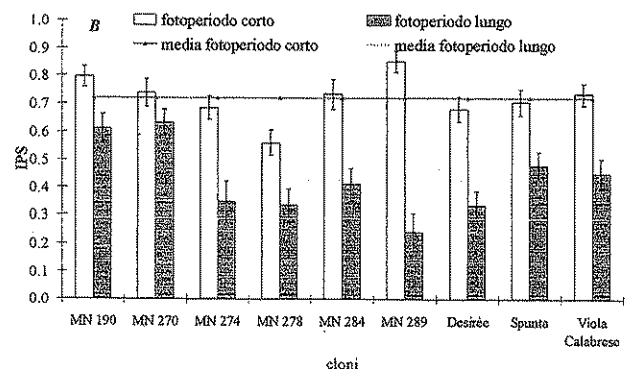
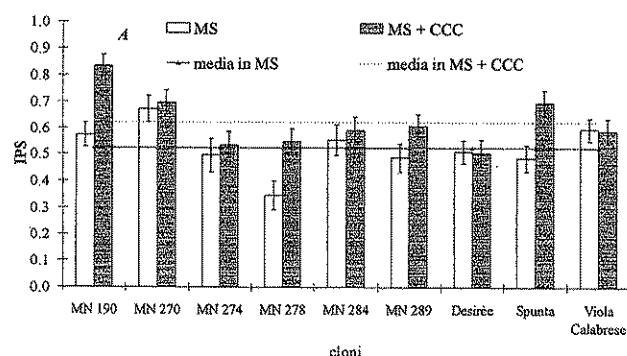
Figure 7 - "MN" Clones. Genotype and photoperiod effect on Average Time of Tuberization (ATT). Bars show the standard errors.

hanno prodotto circa 240 g per pianta. Le varietà "Spunta" e "Désirée" hanno raggiunto produzioni di 400 e 480 g pianta<sup>-1</sup>, questo è dovuto anche alla produzione di tuberi di classe > 55 mm.

**Moltiplicazione minituberi in Calabria.** La produzione per pianta ha evidenziato una discreta differenza tra i cloni; alcuni quali "ISCI 4052", "MN 284", "MN 274" e "Viola Calabrese", hanno prodotto circa 200 g di tuberi per pianta, mentre le produzioni più alte sono state ottenute da "MN 270" e "MN 289" rispettivamente con 520 e 370 g pianta<sup>-1</sup>, produzioni molto vicine a quelle raggiunte dalle varietà di riferimento.

## Discussione dei risultati e conclusioni

La discussione sulla valutazione del materiale studiato è stata impostata per ciascuna attività, seguendo il percorso dei cloni in tutte le prove, allo scopo di fornire indicazioni utili sia per ulteriori attività di ricerca che per l'inserimento di alcuni cloni in un eventuale sistema di moltiplicazione di tubero seme nazionale.



**Figura 8 - Cloni "MN".** Effetto dei genotipi, del substrato di coltura (A) e del fotoperiodo (B) sull'Indice Produttivo Secco (IPS). Le barre indicano l'errore standard.

Figure 8 - "MN" Clones. Genotype, medium (A) and photoperiod (B) effect on the Dry Harvest Index (DHI). Bars show the standard errors.

**Tuberizzazione in vitro.** I risultati ottenuti evidenziano la diversità esistente tra i cloni a livello di capacità produttiva e come questa possa essere modificata dalle condizioni di crescita. Emergono infatti, per ciascuna variabile osservata, diverse tipologie di tuberizzazione. Per la percentuale di piante con tubero nei cloni del gruppo "ISCI" un'azione positiva è stata esercitata dal fotoperiodo corto, mentre nel gruppo "MN" è stato osservato un incremento anche in presenza di CCC nel substrato di coltura; le condizioni fotoperiodiche pertanto hanno fatto esprimere un diverso comportamento dei cloni ed in particolare "MN 270" ha presentato una maggiore percentuale di piante con tubero in fotoperiodo lungo.

Per il numero tuberi per pianta, in sintesi, le tipologie di tuberizzazione possono essere ricondotte alle varietà di riferimento:

1. tipologia "Désirée", dove la formazione dei tuberi viene stimolata dalle condizioni di fotoperiodo corto e l'aggiunta del CCC nel substrato non comporta significativi incrementi. Hanno mostrato in particolare questo comportamento "ISCI 4052", "ISCI 83", "ISCI A9", "ISCI C60" e solo lievemente i cloni del gruppo "MN";
2. tipologia "Spunta" in cui la formazione più elevata di tuberi è stata raggiunta in fotoperiodo lungo abbinato con la presenza di CCC nel substrato di coltura. Appartengono a questo gruppo "ISCI 67", "ISCI B31" e "Viola Calabrese".

Relativamente alla velocità di formazione dei tuberi e sulla base dei valori di TMT sono state ipotizzate tre tipologie:



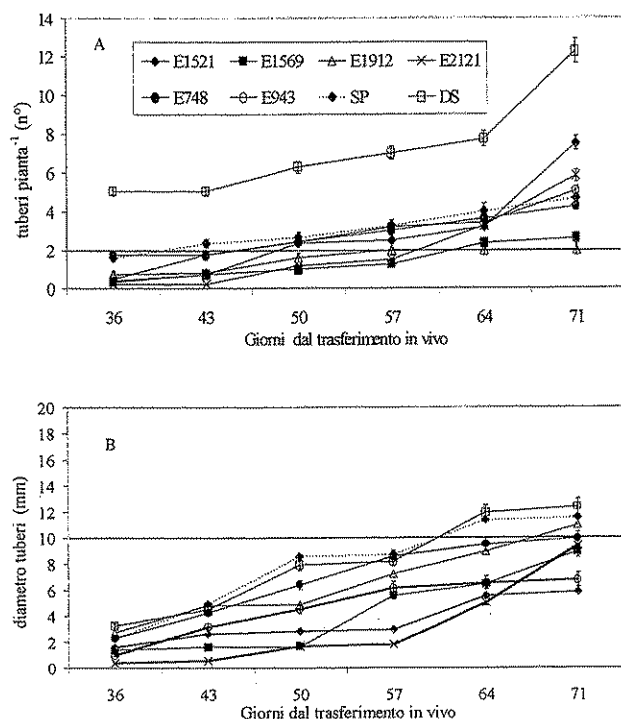


Figura 9 - Cloni "E." Andamento della tuberizzazione in semivivo: numero tuberi per pianta (A) e diametro dei tuberi (B). Le barre indicano l'errore standard.

Figure 9 - "E" Clones. Tuberization in semivivo: tubers number per plant (A) and tubers diameter (B). Bars show the standard errors

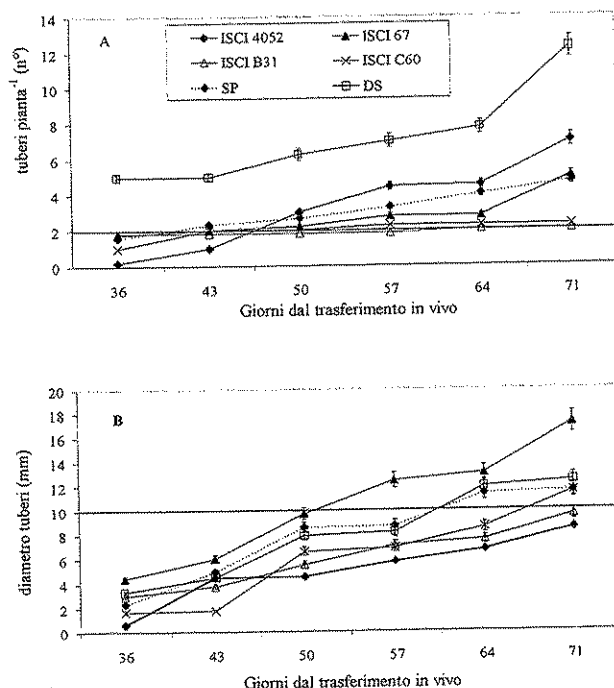


Figura 10 - Cloni "ISCI". Andamento della tuberizzazione in semivivo: numero tuberi per pianta (A) e diametro dei tuberi (B). Le barre indicano l'errore standard.

Figure 10 - "ISCI" Clones. Tuberization in semivivo: tubers number per plant (A) and tubers diameter (B). Bars show the standard errors.

1. tipologia "Désirée" in cui i genotipi "ISCI 83", "MN 274", "MN 278" e "Viola Calabrese" tuberizzano più tardi in fotoperiodo lungo;
2. tipologia "Spunta" con precocità di tuberizzazione in fotoperiodo corto e in presenza di CCC; fanno parte di questo gruppo "ISCI 67", "MN 284", "MN 190" e "MN 289";
3. tipologia con precocità di tuberizzazione in fotoperiodo lungo che comprende i cloni "ISCI B31" e "ISCI A9".

Per l'Indice Produttivo Secco (IPS) sono stati riscontrati due comportamenti principali ascrivibili alle due varietà di riferimento:

1. tipologia "Désirée" in cui l'IPS incrementa notevolmente in fotoperiodo corto rispetto a quello lungo: ciò avviene in "ISCI 83", "ISCI 4052", "ISCI B31", "MN 289", "MN 274", "MN 284" e "Viola Calabrese";
2. tipologia "Spunta" con incremento di IPS al di sopra del valore medio raggiunto in fotoperiodo lungo. Tali performance sono state mostrate da "ISCI 67", "ISCI A9", "ISCI C60", "MN 190", "MN 270" e "Viola Calabrese".

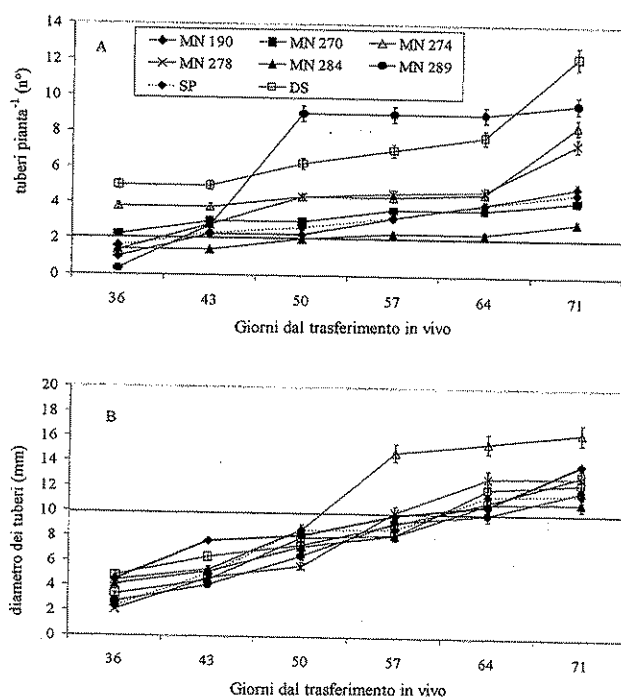
I cloni che hanno presentato le migliori performance di tuberizzazione *in vitro*, nelle condizioni sperimentali più idonee a ciascuno di essi, sono risultati: "MN 190", "MN 270", "MN 289", "MN 274", "ISCI 67", "ISCI 83", "ISCI C60".

Il diverso comportamento dei cloni, in relazione alle condizioni di crescita sia di substrato che di fotoperiodo, comporta una certa difficoltà di interpretazione e non consente di giungere a conclusioni certe in una materia così complessa in cui molte interazioni entrano in gioco. Tuttavia le indicazioni emerse consentono di trarre alcune conclusioni circa il coinvolgimento dei fattori studiati sulla tuberizzazione; tra queste si ricordano:

- le condizioni ritenute induttive (fotoperiodo corto e presenza del CCC nel substrato), inibendo le variabili di crescita, fanno meglio esprimere i meccanismi fisiologici e ormonali che regolano la tuberizzazione;
- le condizioni di fotoperiodo corto, anche con substrato MS più 8% di saccarosio, inducono la formazione di un maggior numero di tuberi e di taglia più grossa. Viceversa in condizioni di fotoperiodo lungo è l'aggiunta di CCC nel MS che comporta una maggiore tuberizzazione. Quando fotoperiodo corto e CCC sono combinati assieme l'effetto che scaturisce non è di tipo additivo, ma si è di fronte ad una interazione di tipo negativo;
- le condizioni induttive comportano indici di produzione più elevati. Questi oltrepassano il valore di 0.6 quando le condizioni induttive sono il fotoperiodo corto. Un simile risultato fa ipotizzare che in condizioni induttive le piante presentino una maggiore efficienza e quindi una positiva compartimentazione delle sostanze di riserva verso il tubero;
- la presenza del CCC nel substrato di coltura, sia in condizioni di fotoperiodo lungo che corto, anticipa la tuberizzazione nella maggior parte dei cloni.

Le conclusioni tratte fanno ipotizzare che i meccanismi fisiologici della tuberizzazione siano diversi e molto complessi, dove un grosso ruolo viene svolto dal genotipo. Il fotoperiodo corto, in accordo con altri studi condotti sul ruolo delle gibberelline sulla formazione dei tuberi (Kumar e Wareing, 1974), crea le condizioni più favorevoli per la tuberizzazione dei cloni, mentre la presenza del CCC nel substrato di coltura è probabile che eserciti il suo effetto a livello di equilibrio ormonale





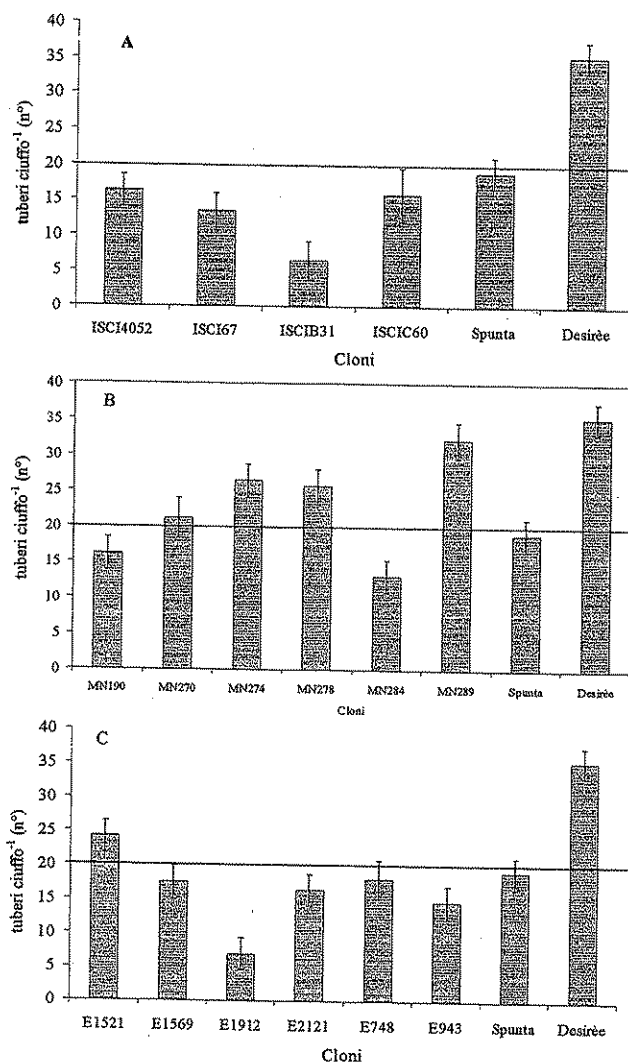
**Figura 11 - Cloni "MN". Andamento della tuberizzazione in semivivo: numero tuberi per pianta (A) e diametro dei tuberi (B). Le barre indicano l'errore standard.**

Figure 11 - "MN" Clones. Tuberization in semivivo: tubers number per plant (A) and tubers diameter (B). Bars show the standard errors.

endogeno, modificando il rapporto tra gli ormoni di crescita e quelli induttivi (Krauss e Marschner, 1982). Queste modifiche si collocano probabilmente a due diversi livelli, in relazione anche alle condizioni fotoperiodiche: in fotoperiodo lungo, dove la possibilità potenziale di espressione degli ormoni di crescita è più elevata, il CCC agendo da fattore antigibberellico, inibisce la sintesi del complesso AG (Rademacher, 1999) e modifica il rapporto ormonale, collocandolo in una soglia di tipo induttivo, mentre in condizioni di fotoperiodo corto l'azione del CCC si traduce in una probabile modifica più profonda dell'equilibrio ormonale, raggiungendo una soglia che interagisce negativamente con le condizioni induttive di tipo endogeno. Per la verifica di questa ipotesi sarebbe opportuno approfondire tali studi per accertare il fenomeno e per individuare soglie di tipo induttivo e non induttivo.

**Tuberizzazione in semivivo.** Per trarre qualche conclusione sulla precocità, attraverso la produzione di minituberi, sono stati presi in considerazione il tempo necessario, dal trasferimento *in vivo* delle piantine, per la formazione di almeno due tuberi e la capacità che hanno i cloni di produrre tuberi di taglia maggiore a 10 mm di diametro, utilizzabili per la moltiplicazione del tubero seme. Sulla base di questi criteri i cloni "ISCI" (escluso "ISCI 4052"), "MN 274", "MN 270" e la varietà "Desirée" sono risultati più precoci, per quanto riguarda il tempo necessario per formare due tuberi, mentre per la taglia afferiscono a questa tipologia "ISCI 67" e "MN 274".

Sono risultati più produttivi con un numero di tuberi per pianta > 4 "MN 270", "MN 274", "MN 278",



**Figura 12 - Numero minituberi per "ciuffo" prodotti nei tre gruppi di cloni: ISCI (A), MN (B) ed E (C). Le barre indicano l'errore standard.**

Figure 12 - Minitubers number per bunch produced in the three different clone groups: "ISCI" (A), "MN" (B) and "E" (C). Bars show the standard errors.

"MN 289" e "Desirée", mentre i cloni "MN 190", "ISCI 4052", "ISCI C60" e "Spunta" hanno prodotto da 3 a 4 tuberi per pianta.

Dal numero di tuberi utili (> 10 mm di diametro) dipende il costo unitario di produzione, infatti i genotipi si raggruppano in tre fasce di costo che variano da < 300, da 300 a 400 e > di 400 lire per minitubero. Questi tre gruppi ancora una volta sono identificabili, il primo con la Varietà "Desirée", il secondo con la "Spunta" e il terzo, ritenuto un gruppo ad alto costo, in cui per una produzione sostenibile dovrà essere meglio definita e razionalizzata la tecnica per l'ottenimento dei minituberi.

Pertanto i cloni migliori in semivivo sono risultati "ISCI 67", "ISCI C60", "MN 274", "MN 289", "MN 278", "MN 270". Tra quelli del gruppo "E" si segnalano "E 748" ed "E 1912" per la precocità di tuberizzazione ed "E 1521" per la capacità produttiva che si colloca al di sopra dei 20 tuberi per ciuffo.

*Produzione in pieno campo di tubero seme prebase.* I risultati ottenuti dimostrano la possibilità concreta di moltiplicare i minituberi in pieno campo e di giungere a conclusioni più pratiche sul comportamento dei cloni studiati per colture precoci di patata. In Sicilia "ISCI 4052", "ISCI 67", "ISCI C60", "MN 274", "MN 278", "MN 284", "MN 289" ed "E 2121" hanno superato 0.3 kg pianta<sup>-1</sup>. Mentre in Calabria i cloni che hanno mostrato produzioni d'oltre 0.3 kg pianta<sup>-1</sup> sono stati "MN 270" e "MN 289" assieme alle varietà "Désirée" e "Spunta". I genotipi "Viola Calabrese", "MN 279", "MN 278", "MN 270" e "Désirée" hanno mostrato inoltre una discreta tolleranza alla peronospora.

In conclusione le differenti risposte ottenute nelle diverse condizioni di tuberizzazione che vanno dal *vitro*, al semivivo e al pieno campo indicano, in particolare per le variabili produttive, che i cloni "ISCI C60", "ISCI 67", "MN 270", "MN 274", "MN 289" sono quelli che presentano le performance migliori in tutte le prove effettuate. A questi si aggiungono "ISCI 4052", "MN 278", "E 2121" ed "E 1912" per le risposte ottenute in pieno campo in Sicilia. In linea generale si può inoltre ipotizzare che alcuni genotipi del materiale valutato siano in grado di soddisfare esigenze specifiche della pataticoltura mediterranea e che ciascun clone abbia delle sue specificità che possano essere valorizzate proprio dalle differenti tipologie di coltivazione di patata praticabili in Italia.

Le due tecniche di tuberizzazione *in vitro* e in semivivo consentono di effettuare una prima selezione dei genotipi per la capacità produttiva, mentre meritano approfondimenti qualora si volessero impiegare per individuare gruppi di precocità. Le indicazioni che sono emerse da questo lavoro fanno ritenere che ciò potrebbe essere fattibile solo dopo avere definito le condizioni migliori di tuberizzazione per ciascun clone e dopo avere individuato quale parametro dovrà essere considerato come indicatore di precocità. Già tre cloni, "ISCI 67", "MN 289" e "MN 270" hanno confermato la loro precocità nel formare sia microtuberi che minituberi.

Su questa base ampia di risposte ottenute potranno essere individuati dei cloni, in particolare tra quelli già registrati, per avviare una produzione massiva di minituberi da inserire nel sistema di moltiplicazione e per valutarne la durata della dormienza.

#### Ringraziamenti

Si ringrazia il CRPV Mario Neri di Imola e l'ARSSA Calabria per la collaborazione utile per l'espletamento delle prove di produzione dei minituberi e per la moltiplicazione in pieno campo degli stessi.

## Bibliografia

- Ahloowalia B.S. 1994. Production and performance of potato mini-tubers. *Euphytica*, 75:163-172.
- Charles G., Rossignol L., Rossignol M. 1995. Mise au point d'un modèle de développement et de tubérisation contrôlés et synchrones chez la Pomme de terre cultivée *in vitro*. *Acta Botanica Gallica*, 142(4):289-300.
- Cheng T., Zhang Y. 1990. Influence of light intensity, day-length, CCC and BAP on *in vitro* potato tuberisation. Abstract CIP-ISU database, AN33316, Beijing (People's Republic of China), 144-147.
- Espinoza N.O., Estrada R., Silva-Rodriguez D., Tovar P., Lizaraga R., Dodds J.H. 1986. The potato. A model crop plant for tissue culture. *Outlook on Agriculture*, 15:21-26.
- Estrada R., Tovar P., Dodds J.H. 1986. Induction of *in vitro* tubers in a broad range of potato genotypes. *Plant Cell tissue and Organ Culture*, 7:3-10.
- Ewing E.E., Struik P.C. 1992. Tuber formation in potato: induction, initiation and growth. Printed from *Horticultural reviews*, vol. 14:89-198.
- Garner N., Blake J. 1989. The Induction and Development of Potato Microtubers *In Vitro* on Media Free of Growth Regulating Substances. *Annals of Botany*, 63:663-674.
- Goodwin P.B., Kim Y.C., Adsarwanto T. 1980. Propagation of potato by shoot-tip culture. 1. Shoot multiplication. *Potato Research*, 23:9-18.
- Gregory L.E. 1956. Some factors for tuberization in the potato. *Annu. Bot.*, 43:281-288.
- Hannapel D.J. 1991. Characterization of the early events of potato tuber development. *Physiologia Plantarum*, 83:568-573.
- Hussey G., Stacey N.J. 1981. *In vitro* propagation of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Ann. Bot.*, 48:787-796.
- Konstantinova T.N., Aksenova N.P., Golyanovskaya S.A., Sergeeva L.I. 1999. Photoperiodic Control of Tuber Formation in Potato *Solanum tuberosum* ssp. *andigena* *in vivo* and *in vitro*. *Russian J. of Plant Physiol.*, 46(6): 763-766.
- Krauss A., Marschner H. 1982. Influence of nitrogen nutrition, daylength and temperature on contents of gibberellin and abscisic acid and on tuberisation in potato plants. *Potato Research*, 25:13-21.
- Kumar D., Wareing P.F. 1974. Studies on tuberization of *Solanum andigena* II. Growth hormones and tuberization. *New Phytologist*, 73:833-840.
- Lê C.L. 1999. *In vitro* microtuberization: an evolution of culture conditions for the production of virus-free seed potatoes. *Potato Research*, 42:489-498.
- Lommen W.J.M., Struik P.C. 1994. Field performance of potato minitubers with different fresh weights and conventional seed tubers: Crop establishment and yield formation. *Potato Research*, 37:301-313.
- Murashige T., Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiol. Plant.*, 15:473-497.
- Rademacher W. 1999. Inhibitors of gibberellin biosynthesis: application in agriculture and horticulture. In: N. Takahashi, B.O. Phinney & J. MacMillan (Eds.), *Gibberellins*. Springer-Verlag, New York, pp. 296-310.
- Ranalli P. 1997. Innovative propagation methods in seed tuber multiplication programmes. *Potato Research*, 40:439-453.
- Rolot J.L., Seutin H. 1999. Soilles production of potato minitubers using a hydroponic technique. *Potato Research*, 42:457-469.
- Stead D. 1999. Bacterial diseases of potato: relevance to *in vitro* potato seed production. *Potato Research*, 42:449-456.
- Struik P.C., Lommen W.J.M. 1990. Production, storage and use of Micro- and Minitubers. *Proc. 11<sup>th</sup> EAPR Triennial Conference*, Edinburgh (UK), 9-13 July. 122-133.
- Vecchio V., Casini P., Ferraro S.G., Caligiuri M. 1991. Primi risultati ottenuti sull'altipiano silano. Impiego di microtuberi di patata nel sistema di produzione del tubero seme. *L'Informatore Agrario*, XLVII (39):35-40.
- Vecchio V., Casini P., Mattei Scarpaccini F., Pellanda A. 1996. Abilità produttiva in pieno campo di minituberi della varietà Alba e comportamento della progenie. *Sementi Elette*, anno XLII, n. 2:5-10.

- Vecchio V., Benedettelli S., Casini P., Andrenelli L. 1997. Tecniche non convenzionali per la produzione di tubero seme di patata (*Solanum tuberosum* L.). Rivista di Agronomia, anno XXXI, n. 3 suppl.:741-750.
- Vecchio V., Benedettelli S., Andrenelli L., Palchetti E., Espen L. 2000. Inductive and noninductive conditions on *in vitro* tuberisation and microtuber dormancy in potato (*Solanum tuberosum* subspecies *tuberosum* and subspecies *andigena*). Potato Research, 43:115-123.
- Vreugdenhil D. and Struik P.C. 1989. An integrated view of the hormonal regulation of tuber formation in potato (*Solanum tuberosum*). Physiologia Plantarum, 75:525-531.
- Zaag van der D.E. 1990. The implication of micropropagation for the future of seed potato production systems in Europe. Production, storage and use of Micro- and Minitubers. Proc. 11<sup>th</sup> EAPR Triennial Conference, Edinburgh (UK), 9-13 July. 28-45.